

## ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК АЗОТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ANAMMOX ПРОЦЕСУ

*Клипа А.П., Саблій Л.А., д.т.н., професор, професор кафедри екобіотехнології  
та біоенергетики  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
Anastasiia.k707@gmail.com*

Сьогодні велику увагу привертає процес анаеробного окиснення амонію бактеріями з використанням нітриту з утворенням молекулярного азоту. Теоретично передбачений процес здобув експериментальне підтвердження тільки в 90-х роках XX ст. і отримав назву ANAMMOX процес (ANAMMOX – ANaerobic AMMonium OXidation). На сьогодні встановлено, що зі Світового Океану в результаті анаеробного окиснення амонію за участю ANAMMOX-бактерій виділяється до 60 % зв'язаного азоту [1].

Мета: висвітлити проблему забруднення стічної води сполуками азоту та найбільш ефективні шляхи її вирішення з використанням ANAMMOX-процесу.

Бактерії Anamnox в анаеробних умовах окиснюють амоній нітритом та в якості джерела вуглецю використовують вуглекислоту чи бікарбонат-іон.

До найбільш відомих новітніх технологій очищення стічних вод від сполук азоту належать: анаеробне окиснення амонію (ANAMMOX); нітритація-денітритація (SHARON); часткова нітритація, поєднана з анаеробним окисненням амонію в двох окремих реакторах (SHARON - ANAMMOX); часткова нітритація, поєднана з анаеробним окисненням амонію в одному реакторі (CANON); нітрифікація-денітрифікація з лімітованою аерацією (OLAND); поєднання денітрифікації та анаеробного окиснення амонію (DEAMOX); поєднання часткової нітрифікації, анаеробного окиснення амонію та денітрифікації (SNAD); стимуляція нітрифікації (BABE); денітрифікація з використанням метану як донора електронів (N-DAMO); нітрифікація-

денітрифікація у мікробних паливних елементах; нітрифікація у мембранних біореакторах.

Анамокс (ANAMMOX) - процес, який полягає в анаеробному окисненні амонію до вільного азоту з використанням бактеріями нітриту як акцептора електронів. Процес проходить в анаеробних умовах у широкому діапазоні температур. Інертний газоподібний азот легко видаляється з реакційного середовища. Інша альтернативна технологія - нітритація-денітритація в одному реакторі - SHARON (Single reactor High activity Ammonia Removal Over Nitrite). Сутність процесу полягає в окисненні амонійного азоту стічних вод до нітриту з подальшим відновленням нітриту до вільного азоту в одному реакторі. Рушійна сила процесу – різниця швидкостей росту бактерій, які окиснюють амоній (*Nitrosomonas* і *Nitrosococcus*), та тих, що окиснюють нітрит (*Nitrobacter*) за високих температур ( $> 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Процес нітрифікації вдається зупинити на першій стадії шляхом контролю часу перебування активного мулу в біореакторі. Останнім етапом є додавання метанолу в якості органічного субстрату, що зумовлює трансформацію нітриту денітрифікуючими гетеротрофними бактеріями у вільний азот. Система працює без рециркуляції активного мулу.

Для забезпечення анамокс-процесу необхідним є попереднє окиснення половини амонійного азоту до нітритів. Із цією метою часто поєднують технології SHARON і ANAMMOX. Процес проводять послідовно у двох окремих реакторах. При цьому в реакторі SHARON відбувається окиснення половини амонію стічних вод до нітриту. Це досягається завдяки тому, що за окиснення 50% амонію значення рН зростає до 6,7, унаслідок чого подальше окиснення амонію припиняється. Наступна стадія полягає в перекачуванні одержаного розчину в анаеробний анамокс-реактор, де відбувається анаеробне окиснення нітритами амонію до вільного азоту.

Часткову нітритацію та анаеробне окиснення амонію можна також проводити в одному реакторі, така технологія отримала назву CANON (Completely Autotrophic Nitrogen removal Over Nitrite) — повне автотрофне

видалення азоту через нітрит. При цьому аеробні бактерії, що окиснюють амоній до нітриту, утворюють разом з анамокс-бактеріями спільну культуру. Спільні культури формують гранульований мул. У середовищі, що оточує гранули мулу, влаштовують аеробні умови, що сприяє розвитку нітрифікуючих бактерій, тим часом як у центрі гранул існують анаеробні умови, і відбувається анамокс-процес.

Певною модифікацією технології CANON є OLAND (Oxygen-Limited Autotrophic Nitrification-Denitrification)-процес - автотрофна нітрифікація-денітрифікація з лімітованою аерацією.

Технологія, що передбачає поєднання анамокс-процесу з денітрифікацією, дістала назву DEAMOX (DEnitrifying AMmonium OXidation). Її можна використовувати для очищення стічних вод з високою концентрацією азотних та органічних забруднень. Поєднання анамокс-процесу з денітрифікацією забезпечує подолання притаманних першому незначних недоліків: відновлення нітратів, що в невеликій кількості утворюються під час анамокс-процесу завдяки денітрифікуючим бактеріям, до вільного азоту. При цьому нітрити, утворювані за денітрифікації, можуть використовуватися для окиснення амонію. Технологія не передбачає аерації, що зумовлює незначні експлуатаційні витрати.

Нещодавно було розроблено нову технологію очищення стічних вод, що поєднує процеси денітрифікації з частковою нітрифікацією та анамокс-процесом, — SNAD (Simultaneous partial Nitrification, Anammox and Denitrification). Технологія BABE (Bio-Augmentation Batch Enhanced) полягає у стимулюванні нітрифікації в головному реакторі шляхом встановлення невеликого реактора для культивування нітрифікуючих бактерій.

Технологія денітрифікації з використанням метану як донора електронів - N-DAMO (Nitrite-Dependent Anaerobic Methane Oxidation) полягає в анаеробному відновленні нітриту до вільного азоту. У поєднанні з анамокс-процесом її можна застосовувати для очищення стоків з анаеробних

дайджестерів, які містять велику кількість амонійного азоту та розчиненого метану.

Перевагами застосування технології ANAMMOX є зниження енергетичних затрат порівняно з традиційною нітрифікацією-денітрифікацією до 60–90%; відсутність потреби у додатковому джерелі вуглецю; зниження рівня утворення CO<sub>2</sub> до 90%; зменшення кількості надлишкового активного мулу; висока ефективність очищення стічних вод від сполук азоту [2].

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бескровная М.В., Быковская Н.В. Современные биотехнологии очистки сточных вод от минеральных соединений азота//Вісник Національного Донецького університету Сер. А: Природничі науки. – 2009. – Вип. 2. – С. 345–348.
2. О. М. Швед, Р. О. Петріна, О. Я. Карпенко, В. П. Новіков СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ АЗОТУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД, - Національний університет «Львівська політехніка», Україна
3. Комбіновані процеси інтегрованих технологій очищення стічних вод із використанням сорбентів мінерально–сировинної бази України/ М.С. Мальований, І. М. Петрушка, Г. В. Сакалова, Т. М. Василінич // Розвиток і відтворення ресурсного потенціалу суб'єктів еколого-економічних, туристичних та екоінформаційних систем. – Львів: В-во НУ «Львівська політехніка», 2015. – 340 с. –С.208–239